

DERWENT-ACC-NO: 1995-077047

DERWENT-WEEK: 199511

COPYRIGHT 2006 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Barium rubidium bismuthate super conductive film prodn.
- on surface of strontium titanate substrate by molecular
beam epitaxy process

PATENT-ASSIGNEE: OKI ELECTRIC IND CO LTD [OKID]

PRIORITY-DATA: 1993JP-0128632 (May 31, 1993)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	
MAIN-IPC				
JP 06338637 A	December 6, 1994	N/A	009	H01L
039/24				

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
JP 06338637A	N/A	1993JP-0128632	May 31, 1993

INT-CL (IPC): C30B029/22, H01L039/22 , H01L039/24

ABSTRACTED-PUB-NO: JP 06338637A

BASIC-ABSTRACT:

In the prodn. of a (Ba,Rb)BiO₃ superconductor film on surface of a SrTiO₃ substrate board by a molecular beam epitaxy method with supplying molecular beams of Ba, Rb and I, the improvement (A) the surface of the substrate board on which the superconductor film is formed is the (110) crystal plane, or (B) the ratio of the Ba molecular beam intensity to the Bi molecular beam intensity is in range of 3-3.5.

The SrTiO₃ substrate board may be doped with Nb, and the substrate board may be subjected to ultrasonic cleaning and an ozone cleaning before application of the superconductor film.

USE/ADVANTAGE - A smooth superconductor film with a uniform thickness can be obtained. Used to produce superconductive transistor (claimed).

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/2

DERWENT-CLASS: L03 U11 U14

CPI-CODES: L03-A01C;

EPI-CODES: U11-C01A2; U14-F02A;

特開平6-338637

(43)公開日 平成6年(1994)12月6日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 39/24	Z A A B	9276-4M		
C 3 0 B 29/22	5 0 1 J	8216-4G		
H 0 1 L 39/22	Z A A G	9276-4M		

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平5-128632

(22)出願日 平成5年(1993)5月31日

(71)出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(72)発明者 横田 毅彦

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気
工業株式会社内

(72)発明者 萩原 光彦

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気
工業株式会社内

(72)発明者 阿部 仁志

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気
工業株式会社内

(74)代理人 弁理士 大垣 孝

(54)【発明の名称】 超電導膜の作製方法及び超電導トランジスタの作製方法

(57)【要約】

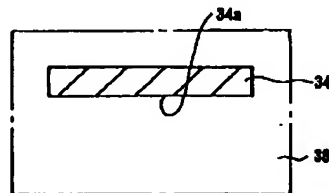
【目的】 超電導トランジスタのベースとして、ピンホールのない膜厚100Åオーダーの超電導膜を作製する。

【構成】 成膜面34aをNbドーパースrTiO₃基板34の(110)面とし、この成膜面34a上に、オゾンガスとBa、Rb及びBiの分子線とを供給して分子線エビタキシー法により、(Ba,Rb)BiO₃超電導膜38を作製する。この際、Ba分子線強度/Bi分子線強度を3以上3.5以下、好ましくは3.2とする。成膜面34a及びBa分子線強度/Bi分子線強度をこのように定めることにより、膜厚120Å程度の非常に薄い超電導膜38を作製できる。しかも膜表面の凹凸を小さくでき従って膜厚を均一化することができるので、ピンホールのない超電導膜38を作製できる。

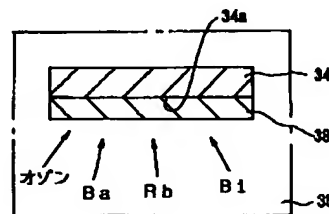
(A)

34: NbドーパースrTiO₃ 基板

(B)

34a: SrTiO₃ (110) 成膜面 38: 成膜面

(C)

38: (Ba, Rb) BiO₃ 超電導膜

第三発明の実施例

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 SrTiO_3 基板の成膜面上に、Ba、Rb及びBiの各分子線と酸化ガスとを供給して分子線エビタキシー法により、 $(\text{Ba}, \text{Rb})\text{BiO}_3$ 超電導膜を作製するに当り、前記成膜面を(110)基板面としたことを特徴とする超電導膜の作製方法。

【請求項2】 SrTiO_3 基板の成膜面上に、Ba、Rb及びBiの各分子線と酸化ガスとを供給して分子線エビタキシー法により、 $(\text{Ba}, \text{Rb})\text{BiO}_3$ 超電導膜を作製するに当り、Ba分子線強度のBi分子線強度に対する比の値(=Ba分子線強度/Bi分子線強度)を3以上3.5以下としたことを特徴とする超電導膜の作製方法。

【請求項3】 SrTiO_3 半導体基板の成膜面上に順次に、 $(\text{Ba}, \text{Rb})\text{BiO}_3$ 超電導膜及び半導体膜を積層して成る超電導トランジスタを作製するに当り、前記成膜面を(110)基板面とすると共に、Ba分子線強度のBi分子線強度に対する比の値(=Ba分子線強度/Bi分子線強度)を3以上3.5以下とし、該成膜面上に、Ba、Rb及びBiの分子線と酸化ガスとを供給して分子線エビタキシー法により、 $(\text{Ba}, \text{Rb})\text{BiO}_3$ 超電導膜を作製することを特徴とする超電導トランジスタの作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は $(\text{Ba}, \text{Rb})\text{BiO}_3$ 超電導膜の作製方法と $(\text{Ba}, \text{Rb})\text{BiO}_3$ 超電導膜を用いた超電導トランジスタの作製方法とに関する。

【0002】

【従来の技術】従来より、超電導デバイスのひとつとして、ベースを超電導膜で構成したホットエレクトロントランジスタが提案されている。図10はこのトランジスタの構造を概略的に示す断面図である。

【0003】同図に示すトランジスタは、Nbドーパ SrTiO_3 半導体基板10と、この基板10上に順次に設けた $(\text{Ba}, \text{Rb})\text{BiO}_3$ 超電導膜12及びRbドーパ BaBiO_3 半導体膜14と、これら基板10、超電導膜12及び半導体膜14にそれぞれ設けた第一主電極16、制御電極18及び第二主電極20とを備えて成る。半導体基板10及び半導体膜14はn型半導体であってエミッタ及びコレクタとして或はコレクタ及びエミッタとして機能する。超電導膜12はベースとして機能する。尚、 SrTiO_3 はSTO、 $(\text{Ba}, \text{Rb})\text{BiO}_3$ はBRBO、またRbドーパ BaBiO_3 はBBO(Rb)と略記されることもある。

【0004】その作製に当っては、Nbドーパ SrTiO_3 半導体基板10の成膜面10a上に順次に、分子線エビタキシー法により、 $(\text{Ba}, \text{Rb})\text{BiO}_3$ 超電導膜12及びRbドーパ BaBiO_3 半導体膜14を作製

2

する。この際、Rbの分子線強度を異ならせそのほかの成膜条件は同一とし、Ba、Rb及びBiの各分子線とオゾンガスとを成膜面10a上に供給して、超電導膜12及び半導体膜14を作製する。

【0005】 $(\text{Ba}, \text{Rb})\text{BiO}_3$ 超電導膜の作製方法特に成膜条件は、この出願人に係る「電子情報通信学会技術研究報告SCE91-52 p41~46(1991年)」に開示されている。この従来方法によれば超電導膜を作製する場合、成膜面を SrTiO_3 (110)基板面、Ba分子線強度のBi分子線強度に対する比の値(Ba分子線強度/Bi分子線強度)をほぼ2、Rb分子線強度のBi分子線強度に対する比の値(Rb分子線強度/Bi分子線強度)をほぼ3とする。

【0006】次いで、半導体膜14及び超電導膜12を順次にエッチングして、超電導膜12及び半導体基板10の電極形成面を露出させ、然る後、第一主電極16、制御電極18及び第二主電極20を所定の位置に形成する。

【0007】超電導膜12の膜厚は、その特性向上のために、100~150Å^o(オングストローム)程度まで薄膜化することが望まれる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら上述した従来の $(\text{Ba}, \text{Rb})\text{BiO}_3$ 超電導膜作製方法では、成膜した膜の表面粗さが平均膜厚の1/4~1/2程度と大きくなり、従って膜厚を100Å^o オーダー(100~150Å^o)まで薄くした場合に、非常に膜厚の薄い箇所ができたりピンホールが生じたりする。このため、リーク電流が大きくなりトランジスタとして十分に満足できる機能が得られないことがあった。

【0009】また上述した従来の作製方法では、膜厚1000Å^o 程度まで厚くした場合には超電導膜を得られるが、膜厚を100Å^o オーダーにまで薄くした場合には超電導膜を作製できないことがある。膜厚100Å^o オーダーでは、成膜した膜の抵抗値は、ある温度から温度降下と共に急峻に低下はするものの残留抵抗があるためにゼロには至らない。

【0010】この出願人に係る上記文献によれば、分子線エビタキシー法で $(\text{Ba}, \text{Rb})\text{BiO}_3$ 超電導膜を作製する場合、その成膜の初期段階ではBaリッチな薄膜が形成され従って薄膜及び基板の界面には非超電導膜部分が存在すると考えられること、また薄膜は、その成分組成がBaリッチな層からストイキオメトリックな $(\text{Ba}, \text{Rb})\text{BiO}_3$ 層へと成長してゆき、やがて超電導膜としての構造を持つようになると考えられることが報告されている。膜厚100Å^o オーダーで超電導膜を作製できないのはこれらに起因するものと考えられる。

【0011】この発明の第一の目的は上述した従来の問題点を解決し、膜表面の凹凸を減少させ膜厚を均一化す

50

ることのできる (Ba, Rb) BiO₃ 超電導膜の作製方法を提供することにある。

【0012】またこの発明の第二の目的は、膜厚を100Åオーダーまで薄くしても超電導膜を作製できる (Ba, Rb) BiO₃ 超電導膜の作製方法を提供することにある。

【0013】さらにこの発明の第三の目的は、膜厚100Åオーダーの超電導膜を用いて超電導トランジスタを作製できる超電導トランジスタの作製方法を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】この目的の達成を図るため、第一発明の超電導膜の作製方法は、SrTiO₃基板の成膜面上に、Ba、Rb及びBiの各分子線と酸化ガスとを供給して分子線エビタキシー法により、(Ba, Rb) BiO₃ 超電導膜を作製するに当り、成膜面を(110)基板面としたことを特徴とする。

【0015】また第二発明の超電導膜の作製方法は、SrTiO₃基板の成膜面上に、Ba、Rb及びBiの各分子線と酸化ガスとを供給して分子線エビタキシー法により、(Ba, Rb) BiO₃ 超電導膜を作製するに当り、Ba分子線強度のBi分子線強度に対する比の値(=Ba分子線強度/Bi分子線強度)を3以上3.5以下としたことを特徴とする。

【0016】さらに第三発明の超電導トランジスタの作製方法は、SrTiO₃半導体基板の成膜面上に順次に、(Ba, Rb) BiO₃超電導膜及び半導体膜を積層して成る超電導トランジスタを作製するに当り、成膜面を(110)基板面とすると共に、Ba分子線強度のBi分子線強度に対する比の値(=Ba分子線強度/Bi分子線強度)を3以上3.5以下とし、この成膜面上に、Ba、Rb及びBiの分子線と酸化ガスとを供給して分子線エビタキシー法により、(Ba, Rb) BiO₃超電導膜を作製することを特徴とする。

【0017】

【作用】第一発明によれば、成膜面をSrTiO₃基板の(110)面とするので、成膜した(Ba, Rb) BiO₃超電導膜表面の凹凸を減少させることができる。

【0018】また第二発明によれば、Ba分子線強度/Bi分子線強度を3以上3.5以下とするので、膜厚を100Åオーダーまで薄くしても(Ba, Rb) BiO₃超電導膜を作製できる。

【0019】さらに第三発明によれば、成膜面をSrTiO₃基板の(110)面としかつBa分子線強度/Bi分子線強度を3以上3.5以下とするので、膜厚を100Åオーダーまで薄くしても、ピンホールのない(Ba, Rb) BiO₃超電導膜を作製できる。

【0020】

【実施例】図1(A)～(C)は第一発明の実施例の主要な工程を段階的に示す断面図である。この実施例で

は、主面を(110)面としたNbドーパSrTiO₃半導体基板22を用意する。次いでこの基板22を、有機溶剤中に浸漬して超音波洗浄する(図1(A))。次に基板22を、成膜室24内に設置する。そして基板22を成膜室24内でオゾンクリーニングし、基板22から炭素不純物を除去する(図1(B))。次に基板22の成膜面22aを(110)面とし、成膜面22a上に、Ba、Rb及びBiの各分子線と酸化ガスとを供給して分子線エビタキシー法により、膜厚1000Å程度の(Ba, Rb) BiO₃超電導膜26を作製する(図1(C))。

【0021】このときのBa、Rb及びBiの分子線強度をそれぞれ 5.0×10^{-8} Torr、 7.0×10^{-8} Torr及び 2.4×10^{-8} Torr、基板温度を370℃とする。また酸化ガスを濃縮オゾンを経由して生成したオゾンガスとし、その導入量を 6×10^{16} atoms/cm²/secとする。成膜面22a以外の成膜条件例えばBa分子線強度/Bi分子線強度やRb分子線強度/Bi分子線強度は従来と同様である。

【0022】(Ba, Rb) BiO₃超電導膜26の成膜過程においては、その初期段階では膜26の非超電導膜部分26aが形成され、そして膜26はその成分組成が成膜初期段階から少しずつ変化しながら成長してゆき、やがて膜26の超電導部分26bが形成されるものと考えられる。

【0023】図2に、SrTiO₃(110)面上に作製したBaBiO₃薄膜表面を原子間力顕微鏡(Atomic Force Microscope)で観察した像(以下、AFM像)を示す。また図3に、SrTiO₃(100)面上に作製したBaBiO₃薄膜表面のAFM像を示す。これら図においては、X及びY軸を成膜面に平行としZ軸を成膜面に直交させ、各軸上に、これら各軸に沿う方向の距離(nm)を取って示した。

【0024】図2及び図3における成膜条件は、Ba及びBiの分子線強度をそれぞれ 5.0×10^{-8} Torr及び 2.4×10^{-8} Torr、基板温度を550℃とした。また酸化ガスを濃縮オゾンを経由して生成したオゾンガスとし、その導入量を 6×10^{16} atoms/cm²/secとした。

【0025】これら図からも理解できるように、図2及び図3においては、BaBiO₃薄膜表面の凹凸の高さは最大で5nm(=50Å)程度及び25nm(=250Å)程度である。従って、成膜面をSrTiO₃基板の(110)基板面とすることにより、BaBiO₃薄膜表面の凹凸を少なくして膜厚を均一化できることが理解できる。このことから、(Ba, Rb) BiO₃超電導膜をSrTiO₃(110)面上に作製した場合にも、(Ba, Rb) BiO₃超電導膜表面の凹凸を少なくして膜厚を均一化できると考えられる。

【0026】図4は第二発明の実施例の主要な工程を段

5

階的に示す断面図である。この実施例では、主面を(110)面としたNbドーパSrTiO₃半導体基板28を用意する。次いでこの基板28を、有機溶剤中に浸漬して超音波洗浄する(図4(A))。次に基板28を、成膜室30内に設置する。そして基板28を成膜室30内でオゾンクリーニングし、基板28から炭素不純物を除去する(図4(B))。次に基板28の成膜面28aを(110)面とし、成膜面28a上に、Ba、Rb及びBiの各分子線と酸化ガスとを供給して分子線エビタキシー法により、膜厚120Å程度の(Ba, Rb) 10 BiO₃超電導膜32を作製する(図4(C))。

【0027】このとき、Ba分子線強度のBi分子線強度に対する比の値(=Ba分子線強度/Bi分子線強度)を3以上3.5以下、好ましくは、3.2程度とする。具体的には、Ba及びBiの分子線強度をそれぞれ 1.9×10^{-8} Torr及び 0.6×10^{-8} Torrとする。またRbの分子線強度を 1.8×10^{-8} Torr、基板温度を370℃とする。さらに酸化ガスを濃縮オゾンを気化して生成したオゾンガスとし、その導入量を 6×10^{16} atoms/cm²/secとする。この 20 場合、成膜時間約13分で膜厚120Å程度の(Ba, Rb)BiO₃超電導膜32を作製できる。成膜面28a及びBa分子線強度/Bi分子線強度以外の成膜条件例えばRb分子線強度/Bi分子線強度は従来と同様である。

【0028】(Ba, Rb)BiO₃超電導膜32の成膜過程においては、その初期段階では膜32の非超電導膜部分32aが形成され、そして膜32はその成分組成が成膜初期段階から少しずつ変化しながら成長してゆき、やがて膜32の超電導部分32bが形成されるもの 30 と考えられる。

【0029】図5に、この実施例の(Ba, Rb)BiO₃超電導膜に関する抵抗-温度特性を示す。図の縦軸に $\rho(T)/\rho(100)$ 及び横軸に温度(K)を示す。 $\rho(T)$ 及び $\rho(100)$ はこの実施例及び従来方法で作製した(Ba, Rb)BiO₃超電導膜の抵抗率を表す。

【0030】従来方法における成膜条件は、成膜面をNbドーパSrTiO₃半導体基板の(100)面、Ba、Rb及びBiの分子線強度を 1.3×10^{-8} Torr、 1.8×10^{-8} Torr及び 0.6×10^{-8} Torr、基板温度を370℃とした。さらに酸化ガスを濃縮オゾンを気化して生成したオゾンガスとし、その導入量を 6×10^{16} atoms/cm²/secとした。

【0031】図からも理解できるように、この実施例によれば、(Ba, Rb)BiO₃超電導膜の抵抗は、温度降下と共に温度20K当りから急峻に低下して温度14Kでゼロとなり、従って臨界温度T_c=14Kの(Ba, Rb)BiO₃超電導膜を得られる。膜厚を120Åまで薄膜化しても臨界温度T_cが得られる(電気抵 50

6

抗をゼロとすることができ)ことが理解できる。

【0032】図6に、Ba分子線強度/Bi分子線強度と(Ba, Rb)BiO₃薄膜の室温における抵抗率との関係を示す。また図7に、Ba分子線強度/Bi分子線強度と(Ba, Rb)BiO₃薄膜の表面粗さとの関係を示す。図6の縦軸には抵抗率($\Omega \cdot \text{cm}$)を対数表示で及び図7の縦軸には表面粗さ(Å)を示すと共に、これら図の横軸にはBa分子線強度/Bi分子線強度を示した。またこれら図においては、Ba分子線強度/Bi分子線強度を1.3~4.2の範囲で段階的に変化させ、その他の成膜条件を上述した実施例と同様にして、膜厚120Åの(Ba, Rb)BiO₃薄膜を作製した。

【0033】図6からも理解できるように、Ba分子線強度/Bi分子線強度がほぼ3.2となると、室温における(Ba, Rb)BiO₃薄膜の抵抗率は最小となる。またBa分子線強度/Bi分子線強度がほぼ1.3~3.2の範囲で増加してゆくにしたがって、室温における(Ba, Rb)BiO₃薄膜の抵抗率は減少してゆき、Ba分子線強度/Bi分子線強度がほぼ3.2~4.2の範囲で増加してゆくにしたがって、室温における(Ba, Rb)BiO₃薄膜の抵抗率は増加してゆく。

【0034】Ba分子線強度/Bi分子線強度を3~3.5、好ましくは3.2として最適化することにより、(Ba, Rb)BiO₃薄膜に超電導部分を形成できると考えられる。

【0035】さらに図7からも理解できるように、Ba分子線強度/Bi分子線強度がほぼ3.2となると、(Ba, Rb)BiO₃薄膜の表面粗さは最小となる。またBa分子線強度/Bi分子線強度がほぼ1.3~3.2の範囲で増加してゆくにしたがって、(Ba, Rb)BiO₃薄膜の表面粗さは減少してゆき、Ba分子線強度/Bi分子線強度がほぼ3.2~4.2の範囲では、(Ba, Rb)BiO₃薄膜の表面粗さはほぼ一定となる。

【0036】Ba分子線強度/Bi分子線強度を3~3.5、好ましくは3.2とすることにより、(Ba, Rb)BiO₃薄膜表面の凹凸も減少することが理解できる。

【0037】図8(A)~(C)及び図9(A)~(C)は第三発明の実施例の主要な工程を段階的に示す断面図である。この実施例では、主面を(110)面としたNbドーパSrTiO₃半導体基板34を用意する。次いでこの基板34を、有機溶剤中に浸漬して超音波洗浄する(図8(A))。次に基板34を、成膜室36内に設置する。そして基板34を成膜室36内でオゾンクリーニングし、基板34から炭素不純物を除去する(図8(B))。次に基板34の成膜面34aを(110)面とし、成膜面34a上に、Ba、Rb及びBiの

各分子線と酸化ガスとを供給して分子線エビタキシー法により、膜厚 120\AA 程度の(Ba, Rb) BiO_3 超電導膜38を作製する(図8(C))。

【0038】このとき、Ba分子線強度のBi分子線強度に対する比の値(=Ba分子線強度/Bi分子線強度)を3以上3.5以下、好ましくは、3.2程度とする。具体的には、Ba及びBiの分子線強度をそれぞれ $1.9 \times 10^{-8} \text{ Torr}$ 及び $0.6 \times 10^{-8} \text{ Torr}$ とする。またRbの分子線強度を $1.8 \times 10^{-8} \text{ Torr}$ 、基板温度を 370°C とする。さらに酸化ガスを濃縮オゾンを気化して生成したオゾンガスとし、その導入量を $6 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^2/\text{sec}$ とする。成膜面34a及びBa分子線強度/Bi分子線強度以外の成膜条件例えばRb分子線強度/Bi分子線強度は従来と同様である。

【0039】次に、基板34を成膜室36に保持したまま、成膜面34a上に、Ba、Rb及びBiの各分子線と酸化ガスとを供給して分子線エビタキシー法により、所定膜厚のRbドーパBaBiO₃半導体膜40を作製する(図9(A))。

【0040】このときRbの分子線強度を $1.8 \times 10^{-8} \text{ Torr}$ よりも小さな任意好適な値とする。そしてBa及びBiの分子線強度を $1.9 \times 10^{-8} \text{ Torr}$ 及び $0.6 \times 10^{-8} \text{ Torr}$ 、基板温度を 370°C とする。さらに酸化ガスを濃縮オゾンを気化して生成したオゾンガスとし、その導入量を $6 \times 10^{16} \text{ atoms/cm}^2/\text{sec}$ とする。

【0041】このようにRbの分子線強度を超電導膜38作製時よりも少ない任意好適な大きさとし、そのほかの成膜条件は超電導膜38作製時と同一とすることにより、RbドーパBaBiO₃半導体膜40を作製できる。

【0042】次に基板34を成膜室36から取出す。そしてフォトリソ及びエッチング技術を用いて、半導体膜40及び超電導膜38を順次にエッチングして、超電導膜38及び基板34の電極形成面を露出させ(図9(B))、然る後、基板34、超電導膜38及び半導体膜40上にそれぞれ第一主電極42、制御電極44及び第二主電極20を形成し、超電導トランジスタを完成する(図9(C))。

【0043】この実施例で作製した超電導トランジスタはnpn型のトランジスタとしての動作を期待でき、しかも超電導膜38がベースとなるので臨界温度以下において低消費電力でしかも高速な動作を期待できる。

【0044】またこの実施例によれば、成膜面34aを基板34の(110)面とし、かつ、Ba分子線強度/Bi分子線強度をを3以上3.5以下、好ましくは、3.2程度とするので、膜厚 120\AA の非常に薄い(Ba, Rb) BiO_3 超電導膜38を作製できる。しかも膜厚を非常に薄くしても膜表面の凹凸が小さくなり

従って膜厚が均一となるので、ピンホールのない(Ba, Rb) BiO_3 超電導膜38を作製できる。その結果、動作特性の優れた超電導トランジスタを提供できる。

【0045】発明は上述した実施例にのみ限定されるものではなく、従って各構成成分の形状、寸法、配設位置、材料、数値的条件、導電型及びその他の条件を任意好適に変更できる。

【0046】例えば第一発明においては、成膜面をSrTiO₃(110)面としそのほかの成膜条件を従来周知の任意好適な条件に変更することができる。ノンドープ基板を用いても良い。

【0047】また第二発明においては、Ba分子線強度/Bi分子線強度を3~3.5としそのほかの成膜条件を従来周知の任意好適な条件に変更することができる。ノンドープ基板を用いても良い。

【0048】さらに第三発明においては、成膜面をSrTiO₃(110)面としかつBa分子線強度/Bi分子線強度を3~3.5としそのほかの成膜条件を従来周知の任意好適な条件に変更することができる。また半導体膜の形成方法、形成材料も任意好適に変更できる。

【0049】

【発明の効果】上述した説明からも明らかなように、第一発明の(Ba, Rb) BiO_3 超電導膜の作製方法によれば、(Ba, Rb) BiO_3 超電導膜表面の凹凸を減少させることができ、従ってピンホール発生の防止に寄与することができる。

【0050】また第二発明の(Ba, Rb) BiO_3 超電導膜の作製方法によれば、膜厚を 100\AA オーダーまで薄くしても(Ba, Rb) BiO_3 超電導膜を作製できる。

【0051】さらに第三発明の超電導デバイスの作製方法によれば、膜厚を 100\AA オーダー例えば 120\AA まで薄くしても、ピンホールのない(Ba, Rb) BiO_3 超電導膜を作製できる。従って電気的特性のより優れた超電導デバイスを作製できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(A)~(C)は第一発明の実施例の主要な工程を段階的に示す断面図である。

40 【図2】SrTiO₃(110)面上に作製したBaBiO₃薄膜表面のAFM像を概略的に示す図である。

【図3】SrTiO₃(100)面上に作製したBaBiO₃薄膜表面のAFM像を概略的に示す図である。

【図4】(A)~(C)は第二発明の実施例の主要な工程を段階的に示す断面図である。

【図5】第二発明の実施例で作製した(Ba, Rb) BiO_3 超電導膜の抵抗-温度特性を示す図である。

【図6】(Ba, Rb) BiO_3 薄膜の抵抗率とBa分子線強度/Bi分子線強度との関係を示す図である。

50 【図7】(Ba, Rb) BiO_3 薄膜の表面粗さとBa

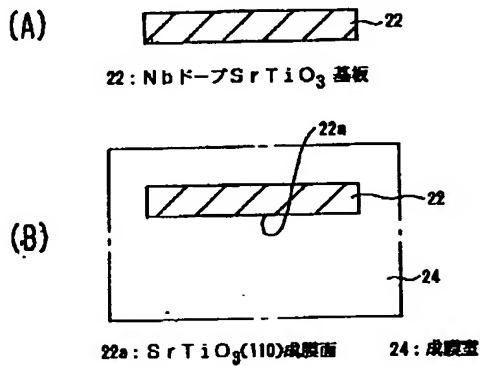
分子線強度/Bi分子線強度との関係を示す図である。

【図8】(A)～(C)は第三発明の実施例の主要な工程を段階的に示す断面図である。

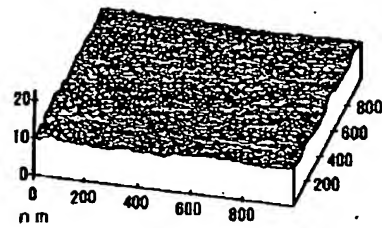
【図9】(A)～(C)は第三発明の実施例の主要な工程を段階的に示す断面図である。

【図10】従来の超電導トランジスタの構成を概略的に示す断面図である。

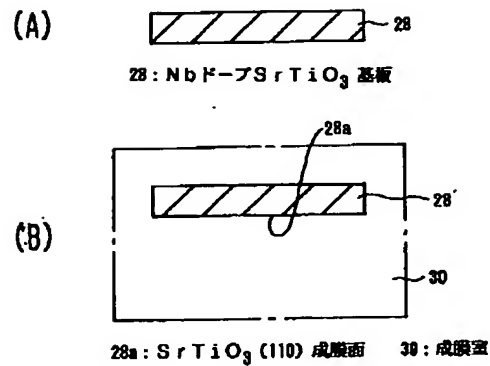
【図1】



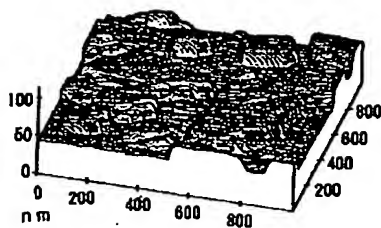
【図2】

(110) 面上のBaBiO₃ 膜表面

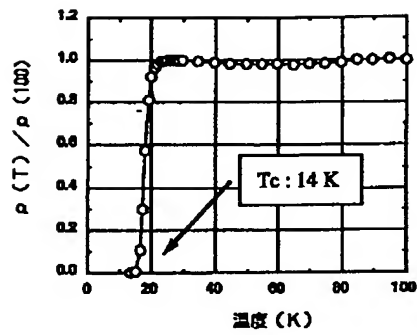
【図4】



【図3】

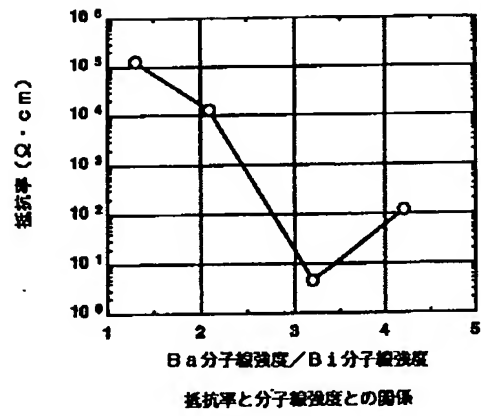
(100) 面上のBaBiO₃ 膜表面

【図5】

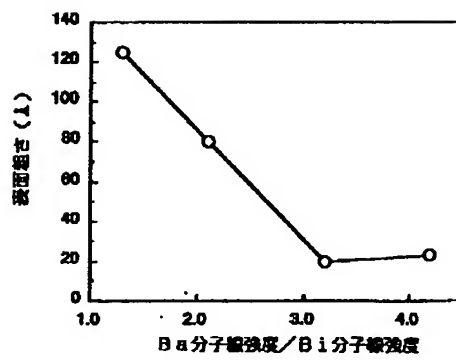


実施例の抵抗-温度特性

【図6】

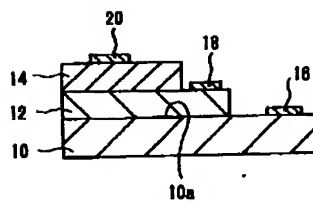
Ba分子重量/Bi分子重量
抵抗率と分子重量との関係

【図7】



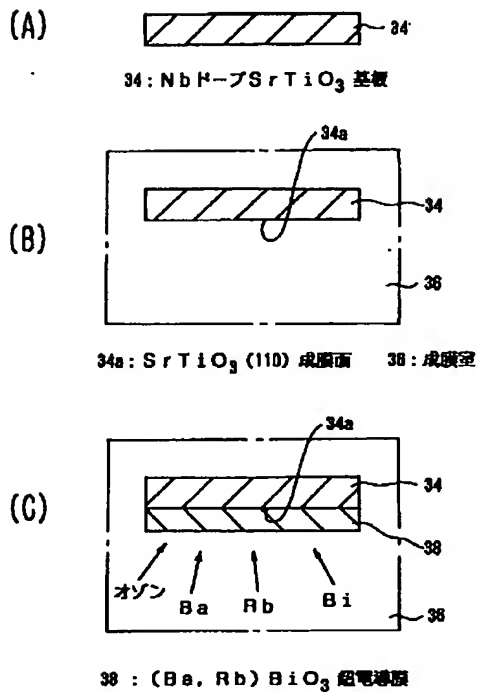
表面粗さと分子重量との関係

【図10】



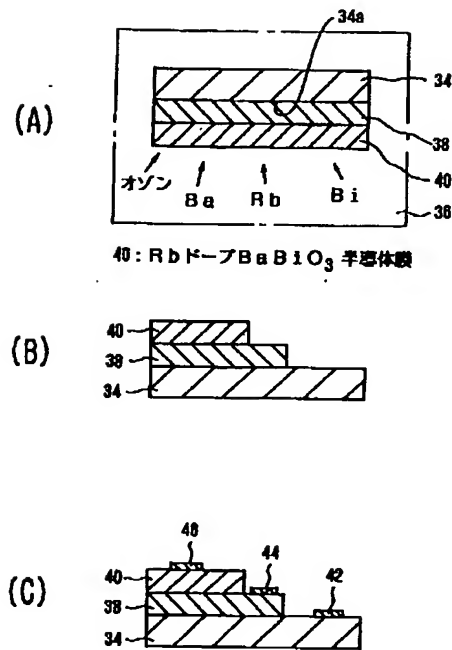
従来の超電導トランジスタ

【図8】



第三発明の実施例

【図9】



第三発明の実施例

【手続補正書】

【提出日】平成5年6月25日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0025

【補正方法】変更

【補正内容】

【0025】これら図からも理解できるように、図2及び図3においては、BaBiO₃ 薄膜表面の凹凸の高さは最大で5nm (=50Å) 程度及び25nm (=250Å) 程度である。従って、成膜面をSrTiO₃ 基板の(110) 基板面とすることにより、BaBiO₃ 薄膜表面の凹凸を少なくして膜厚を均一化できることが理解できる。このことから、(Ba, Rb) BiO₃ 超電導膜をSrTiO₃ (110) 面上に作製した場合にも、(Ba, Rb) BiO₃ 超電導膜表面の凹凸を少なくして膜厚を均一化できると考えられる。図11及び図12に、SrTiO₃ (110) 面上及びSrTiO₃ (100) 面上に作製した(Ba, Rb) BiO₃ 薄膜表面のAFM像を示す。これら図においても、図2と同様にしてX、Y及びZ軸を取って示した。図11における成膜条件は、成膜面をSrTiO₃ (110) 面、

Ba、Rb及びBiの分子線強度をそれぞれ 2.5×10^{-8} Torr、 3.4×10^{-8} Torr及び 1.2×10^{-8} Torr、基板温度を370℃とした。また酸化ガスを濃縮オゾンを経由して生成したオゾンガスとし、その導入量を 6×10^{16} atoms/cm²/secとした。図12における成膜条件は成膜面をSrTiO₃ (100) 面とするほかは、図11と同様である。これら図からも理解できるように、図11及び図12においては、(Ba, Rb) BiO₃ 薄膜表面の凹凸の高さは最大で50nm (=500Å) 程度及び100nm (=1000Å) 程度である。従って、成膜面をSrTiO₃ 基板の(110) 基板面とすることにより、(Ba, Rb) BiO₃ 薄膜表面の凹凸を少なくして膜厚を均一化できることが理解できる。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図11

【補正方法】追加

【補正内容】

【図11】SrTiO₃ (110) 面上に作製した(Ba, Rb) BiO₃ 薄膜表面のAFM像を概略的に示す

図である。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図12

【補正方法】追加

【補正内容】

【図12】 SrTiO_3 (100) 面上に作製した (Ba, Rb) BiO_3 薄膜表面のAFM像を概略的に示す図である。

【手続補正4】

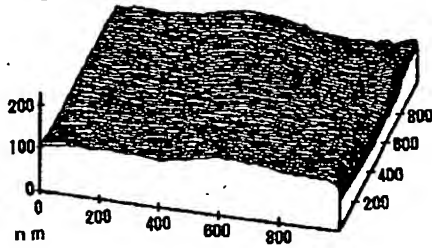
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図11

【補正方法】追加

【補正内容】

【図11】



(110)面上の (Ba, Rb) BiO_3 膜表面

【手続補正5】

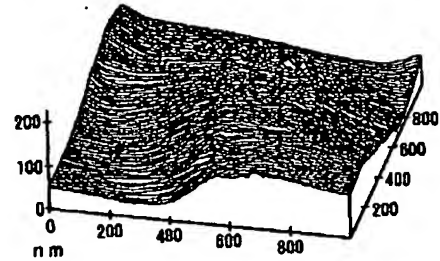
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図12

【補正方法】追加

【補正内容】

【図12】



(100)面上の (Ba, Rb) BiO_3 膜表面